

УДК 620.3

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, УЧАСТВУЮЩИХ В ЛЕТНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА МКА «АИСТ-2Д»**Гуртов А. С.<sup>1</sup>, Ивков С. В.<sup>1</sup>, Лизункова Д. А.<sup>2</sup>, Шишкин И. А.<sup>2</sup>, Латухина Н. В.<sup>2</sup><sup>1</sup>АО «РКЦ «Прогресс»<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Высокоэффективные ФЭП как источники энергии для летательных аппаратов вызывают большой интерес со стороны разработчиков космической техники, так как для большинства космических аппаратов солнечные батареи являются практически безальтернативными источниками энергии.

Кремниевые ФЭП уступают по такому важному показателю, как КПД, наиболее эффективным на сегодняшний день гетероструктурным ФЭП на основе материалов  $A_{III}B_V$  – арсенидов и фосфидов индия и галлия на подложке германия. Однако кремний продолжает оставаться главным материалом фотовольтаической солнечной энергетики. Это обусловлено широкой распространенностью исходного сырья и развитой технологией изготовления самого материала и приборов на его основе, что обеспечивает существенно меньшую стоимость кремниевых ФЭП по сравнению с аналогичными устройствами на основе материалов  $A_{III}B_V$ . Поэтому актуальной проблемой кремниевых ФЭП является повышение их КПД.

Существенного повышения КПД кремниевых ФЭП до 30–40 % можно добиться применением многослойных гетероструктур, где чередуются слои материалов с различной шириной запрещенной зоны и применяются специальные покрытия [1]. Специалистами Самарского университета показано, что перспективным в этом направлении является использование в качестве рабочего чувствительного слоя пористого нанокристаллического кремния с покрытием из соединений редкоземельных элементов, а также наноразмерных гетероструктур карбида кремния на кремнии [2, 3, 4]. Проведенные исследования показали, что использование разработанных методик изготовления многослойных структур с пористым слоем позволяет создать фоточувствительные структуры с достаточно высокими фотоэлектрическими параметрами. Для структур с площадью рабочей поверхности  $6 \text{ см}^2$  величина тока короткого замыкания составляла от 70 до 220 мА, напряжение холостого хода 0,4–0,6 В при освещенности лампой – имитатором солнечного излучения АМ0 мощностью 1380 Вт.

Для определения стойкости кремниевых ФЭП новой конструкции к воздействию факторам космического пространства, механическим и климатическим воздействиям на этапе выведения и орбитального полёта КА специалисты самарского ракетно-космического центра «Прогресс» провели эксперимент в составе ОТ МКА «Аист-2Д». Для проведения исследования использовано 14 шт. экспериментальных ФЭП с различными покрытиями на рабочей поверхности и различной структурой как с пористым слоем, так и без него. Все образцы ФЭП были изготовлены в процессе технологического цикла, который проходят кремниевые ФЭП традиционной конструкции. Основные операции цикла, кроме операций наноструктурирования, карбидизации и нанесения покрытий с ионами РЗЭ, проводились на стандартном технологическом оборудовании. Для измерения температуры ФЭП были использованы датчики pt100 (100 Ом) – DIN EN 60751, установленные непосредственно под панелью с исследуемыми ФЭП.

По командам управления, выдаваемым с наземного комплекса управления, с каждой пластины во время проведения эксперимента были определены телеметрические данные: температура, напряжение и сила тока. По телеметрическим данным построены вольт-амперные характеристики (ВАХ) каждой из 14-ти экспериментальных пластин для различных температур и рассчитаны их фотоэлектрические параметры.

Сравнительный анализ параметров, рассчитанных из телеметрических данных, полученных с орбиты в июне 2016 г., ноябре 2016 г. и в апреле 2017 г., показал, что для большинства образцов за исследуемый период времени заметной деградации фотоэлектрических параметров не наблюдается. Более того, для образцов, содержащих пористый слой в своей структуре, наблюдается заметное (от 5 до 50%) увеличение таких фотоэлектрических параметров, как ток короткого замыкания и удельная отдаваемая мощность. Такой результат согласуется с результатами наземных исследований радиационной стойкости пористого кремния [5], которые были получены при облучении материала жестким рентгеновским излучением и объяснялись возможным радиационным подлегированием пористого слоя.

#### Библиографический список

1. Conebeer, G., Green, M., Corkish, R., Cho, Y., Cho, E.-C., Jiang, C.-W., Fangsuwannarak, T., Pink, E., Huang, Y., Puzzer, T., Trupke, T., Richards, B., Shalav, A., Lin, K.-L. Silicon nanostructures for third generation photovoltaic solar cells.[Текст] / G. Conebeer, M. Green, R. Corkish, Y. Cho, E.-C. Cho, C.-W. Jiang, T. Fangsuwannarak, E. Pink, Y. Huang, T. Puzzer, T. Trupke, B. Richards, A. Shalav, K.-L. Lin. Thin Solid Films – 2006.–V.511-512.–P.654-662
2. Яровой, Г. П., Латухина, Н. В., Рогожин, А. С., Гуртов, А. С., Ивков, С. В. Кремниевые фотоэлектрические преобразователи для космической и авиационной отрасли [Текст] / Г. П. Яровой, Н. В. Латухина, А. С. Рогожин, А. С. Гуртов, С. В. Ивков, С. И. Миненко. Известия СНЦ РАН. –2012. – Т.14. – №1(2).– С. 521 – 524
3. Латухина, Н. В., Рогожин, А. С., Саед, С. Чепурнов, В. И., Фоточувствительные гетероструктуры на основе пористого нанокристаллического кремния [Текст] / Н. В. Латухина, А. С. Рогожин, С. Саед, В. И. Чепурнов. Изв. ВУЗов. Материалы электронной техники.–2014 – В.4–С.284 – 289
4. Latukhina, N., Rogozin, A., Puzyrnaya, G., Lizunkova, D., Gurtov, A., Ivkov, S. Efficient Silicon Solar Cells for Space and Ground-Based Aircraft [Текст]./ Natalya Latukhina, Anton Rogozin, Galina Puzyrnaya, Darya Lizunkova, Aleksandr Gurtov, Sergey Ivkov. Procedia Engineering 12/2015; V.104, 31. P. 157-16
5. Лизункова, Д. А., Латухина, Н. В., Анисимов, В. В. Влияние жесткого рентгеновского излучения на оптические и электрические свойства полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей на основе пористого кремния [Текст]/ Д. А. Лизункова, Н. В. Латухина, В. В. Анисимов. Сборник материалов XIII Всероссийской молодежной Самарской конкурс-конференции научных работ по оптике и лазерной физике, 2015г., с.221-227.